

2) 196 29 154 A 1



15 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 196 29 154 A 1**

51 Int. Cl. 5:  
**C 25 B 9/00**  
H 01 M 8/06  
H 01 M 8/02  
H 01 G 9/155  
G 01 N 27/406

21 Aktenzeichen: 196 29 154.2  
22 Anmeldetag: 19. 7. 96  
43 Offenlegungstag: 22. 1. 98

DE 196 29 154 A 1

71 Anmelder:  
Dornier GmbH, 88048 Friedrichshafen, DE

72 Erfinder:  
Kurzweil, Peter, Dr., 88090 Immenstaad, DE; Schmid,  
Ottmar, Dipl.-Ing., 88677 Markdorf, DE

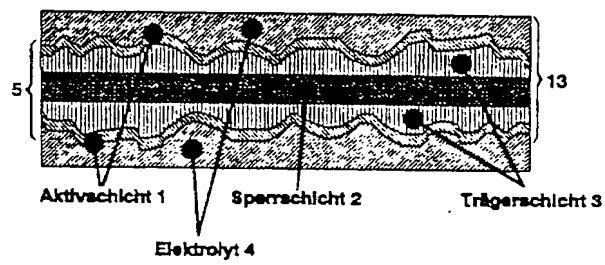
56 Entgegenhaltungen:  
EP 06 22 815 B1  
= DE 43 13 474 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 **Bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit**

57 Die Erfindung betrifft eine bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit für eine elektrochemische Zelle, wobei die Elektrode eine Sperrschicht sowie mindestens zwei Trägerschichten und

- die Aktivschicht ein elektroaktives Material mit geringem Widerstand und hoher Kapazität ist,
- die Sperrschicht elektrisch leitend und stoffundurchlässig ist,
- die Trägerschicht elektrisch leitend, porös, von großer spezifischer Oberfläche ist und sich zwischen Sperrschicht und Aktivschicht befindet,
- der Elektrolyt gut leitfähig ist.



DE 196 29 154 A 1

Die Erfindung betrifft eine bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit für elektrochemische Zellen, wie sie in Doppelschichtkondensatoren, Brennstoffzellen, Elektrolyseuren, Gassensoren oder bifunktional betriebenen Anlagen zur Anwendung kommen.

Bipolare Elektroden sind dadurch charakterisiert, daß mit der einen Seite als Kathode, mit der anderen als Anode arbeiten und eine elektronisch leitende, gas- und elektrolytundurchlässige Verbindung zwischen Kathoden- und Anodenseite besitzen. Beide Seiten stehen mit einem Ionenleiter (Elektrolyt) in Kontakt.

An der Phasengrenzfläche zwischen Elektronen- und Ionenleitern laufen elektrochemische Vorgänge ab, die Grenzflächenkapazitäten von einigen Farad/cm<sup>2</sup> bewirken. Durch die Art der elektrochemischen Reaktionen und weiterhin durch die große poröse Oberfläche eignet sich die beschriebene Elektrode vorteilhaft für elektrochemische Energiewandler und -speicher, bei denen auf Grund eines Stoffumsatzes hohe Ströme fließen. Der Strom durch den Elektrodenquerschnitt wird im einfachsten Fall durch das Faradaysche Gesetz und die Butler-Volmer-Gleichung beschrieben.

Die elektrochemische Energiespeicherung mit Hilfe bipolarer Elektroden wurde in DE 43 13 474 beschrieben. Um hohe Betriebsspannungen zu realisieren, wird eine beliebige Zahl bipolarer Elektroden elektrisch in Serie geschaltet und ein sogenannter Elektrodenstapel aufgebaut.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit mit verbesserter Leitfähigkeit, Kapazität, elektrochemischer Aktivität und Integrationsfähigkeit für elektrochemische Zellen mit hoher Energie- und Leistungsdichte zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch die bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind Gegenstand weiterer Ansprüche.

Die erfindungsgemäße bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit umfaßt eine bipolare Elektrode mit einer Sperrschicht sowie mindestens zwei Trägerschichten und mindestens zwei Aktivschichten. Dabei ist

- die Aktivschicht ein elektroaktives Material mit geringem Widerstand und hoher Kapazität,
- die Sperrschicht elektrisch leitend und stoffundurchlässig,
- die Trägerschicht elektrisch leitend, porös, von großer spezifischer Oberfläche und befindet sich zwischen Sperrschicht und Aktivschicht, und
- der Elektrolyt gut leitfähig.

Durch Aneinanderreihung bzw. Übereinanderstapeln mehrerer elektrisch in Serie geschalteter Elektroden-Elektrolyt-Einheiten ergibt sich ein Elektrodenstapel, wobei der Elektrolyt sich jeweils zwischen zwei bipolaren Elektroden befindet.

Die Erfindung wird anhand von Fig. näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit,

Fig. 2 eine Sperrschicht mit darauf angebrachten Trägerschichten einer erfindungsgemäßen bipolaren Elektroden-Elektrolyt-Einheit;

Fig. 3 einen Stapel aus mehreren erfindungsgemäßen Elektroden-Elektrolyt-Einheiten,

Fig. 4 einen Verfahrensablauf zur Herstellung einer

erfindungsgemäßen Elektroden-Elektrolyt-Einheit.

Die Ausführung einer erfindungsgemäßen bipolaren Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach Fig. 1 besteht aus einem Laminat ausgewählter Elektronen- und Ionenleiter. Die erfinderische Lösung umgreift folgende Teilprobleme:

1. Herstellung einer dünnen, mechanisch stabilen, elektrisch hochleitfähigen, flüssigkeitsundurchlässigen, gasdichten und elektrochemisch langzeitstabilen Sperrschicht 2, die zwischen den aktiven Oberflächen (Trägerschicht 3 mit darauf angebrachter Aktivschicht 1) der bipolaren Einheit liegt. Der Begriff Sperrschicht ist hier nicht Sinne eines elektrischen Isolators gebraucht, sondern steht allgemein für einen stoffundurchlässigen Körper.
2. Aufbringen einer dünnen, makro-, meso- und/oder mikroporösen, thermisch stabilen Trägerschicht 3 (die Trägerschicht 3 ist in Fig. 1 zweilagig ausgebildet) auf die Sperrschicht, mit dem Ziel der Erzeugung einer großen geometrischen Oberfläche,
3. Aufbringen einer porösen, elektrochemisch aktiven Schicht 1 mit geringem Widerstand und hoher Kapazität,
4. Kontaktierung der bipolaren Elektrode 5 mit einem Elektrolyten 4 hoher Leitfähigkeit und je nach Anwendung großer Dielektrizitätszahl und Zersetzungsspannung,
5. Einbringen einer strukturierten Platte (in Fig. 1 nicht gezeigt) zwischen zwei bipolaren Elektroden-Elektrolyt-Einheiten, sofern gasförmige oder flüssige Stoffe an die Aktivschicht zu- oder abgeführt werden sollen.

Die Funktionsfähigkeit der elektrochemischen Zelle wird durch die in Fig. 3 dargestellte elektrische Hintereinanderschaltung 10 mehrerer bipolarer Elektroden-Elektrolyt-Einheiten 13 (Fig. 1) in einem Stapel 11 erreicht. Den Abschluß bilden zwei unipolare Abschlußelektroden 6. Die elektrische Kontaktierung wird durch leitende Schichten oder Platten 7a, 7b sichergestellt. Je nach Anwendung kann der Stapel 11 in ein Gehäuse eingebracht werden, das elektrische und mechanische Schutzfunktionen erfüllt. Durch eine äußere Stromquelle 8 kann die Zelle geladen oder durch einen äußeren Verbraucher entladen werden.

Aus fertigungstechnischen Gründen wird man abhängig vom Einsatzzweck den Elektrolyten nur einseitig (dies ist in Fig. 1 mit der Bezugsziffer 13 angedeutet) oder beidseitig auf die Elektrode aufbringen. Die beidseitige Aufbringung ist insbesondere dann sinnvoll, wenn zwischen zwei aufeinanderfolgende Elektroden-Elektrolyt-Einheiten eine strukturierte Platte angeordnet werden muß (Elektrolyse, Brennstoffzellen).

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele für die einzelnen Schichten der erfindungsgemäßen Elektroden-Elektrolyt-Einheit beschrieben.

#### a) Sperrschicht

Aufgabe der Sperrschicht 2 ist es, eine leichte, stabile, leitfähige und stoffundurchlässige Verbindungsfläche zwischen zwei gegenüberliegenden Trägerschichten 3 zu schaffen. Die Sperrschicht besteht aus einem elektrisch leitfähigen Material, beispielsweise Metall (z. B. Nickel, Stahl, Titan, Nichteisenmetall), Kohlenstoff (z. B. Graphit) oder leitfähige Kunststoffe. Sie soll möglichst

dünn, ihre Oberfläche kann eben oder rauh sein. Einsetzbar sind Folien, Sinterkörper und Preßkörper, sowohl als Rollenware wie als Plattenmaterial, wie zum Beispiel:

- 0,05 mm-Reinnickelfolie
- 0,05 mm-Reintitanfolie,
- Edelstahlfolien 1,4539, 1,4462, 1,4401 und vergleichbare,
- mit Harzen versiegelte Kohlenstoffpapiere,
- verdichtete Graphitfolien.

Mit Sputterverfahren gelingt es selten, ausreichend dichte Metallschichten auf die Trägerschicht 3 aufzubringen. Dennoch sind die gebräuchlichen Sprüh- und Beschichtungsverfahren nach DIN 8580 (wie zum Beispiel CVD, PVD, Galvanisieren) prinzipiell zur Erzeugung der Sperrschicht geeignet.

#### b) Trägerschicht

Aufgabe der Trägerschicht 3 ist es, eine strukturierte elektrische Kontaktfläche zwischen der Aktivschicht und der Sperrschicht zu schaffen. Die Trägerschicht ist eine poröse, dreidimensionale Struktur von großer geometrischer und spezifischer Oberfläche, geringem Widerstand und geringem Gewicht. Bei Kontakt mit einem Elektrolyten wird an der Trägerschicht eine hohe Doppelschicht- oder Pseudokapazität gemessen. Zwischen Trägerschicht und Sperrschicht und zwischen Trägerschicht und Aktivschicht herrscht guter elektrischer Kontakt.

Die Trägerschicht besteht bevorzugt aus Metall oder Kohlenstoff. Aus Gründen der einfachen technischen Fertigung werden gewebe-, matten- oder folienartige Schichten vorgezogen. Beispiele sind:

- Nickelfilze mit 50% Faser- und 50% Pulveranteil,
- Nickelschäume,
- Kohlenstoffaserpapiere,
- Kohlenstoffasermatten und -matten,
- durch Pyrolyse oder Dehydratisierung organischer Stoffe erzeugter Kohlenstoff.

Die Trägerschicht kann prinzipiell auch durch den Auftrag pulverförmiger Edukte oder suspendierter Partikel (z. B. aus Kohlenstoff, Metall, leitfähige Polymere) mit einem Sprüh-, Sputter-, Streich-, Tauch-, Sinter-, Preß-, Siebdruckverfahren etc. entstehen.

Für Trägerschichten aus Kohlenstoff kommen Aktivkohlen, Kokse, Ruße, Kohlenstoffschäume, Pyrolyseprodukte pflanzlicher und petrochemischer Herkunft in Frage. Grundsätzlich muß ihre spezifische Oberfläche hoch und ihr elektrischer Widerstand gering sein.

#### c) Bifunktionale Trägerschicht

Die Trägerschicht 3 muß guten elektrischen Kontakt zur Sperrschicht 2 und hohe elektrische Leitfähigkeit garantieren. Daher kann es erforderlich sein, sie aus zwei Lagen aufzubauen (Fig. 2):

1. Die Verbindungsschicht 3a dient der stabilen mechanischen und elektrischen Ankopplung der Trägerschicht an die Sperrschicht. Geeignete Materialien hierfür sind:
- dünne Graphitfolien, verdichtete Graphitflok-

ken,

— Metallnetze oder -filze, elektrisch leitende Klebe- oder Lackschichten.

— Die Aufbringung kann durch Druck und/oder Wärme erfolgen, speziell auch durch einen Schweiß- oder Sintervorgang.

2. Die poröse Funktionsschicht 3b wird ähnlich unter Ziff. 1 auf die Verbindungsschicht 3a aufgebracht. Dabei kann die Funktionsschicht vollständig in die Verbindungsschicht eindringen und mit dieser eine Einheit bilden. Es kommen die unter b) beschriebenen Werkstoffe zum Einsatz.

In Fig. 2 sind die Schichten 3a, 3b mit ebener Oberfläche dargestellt, während in Fig. 1 die einlagige Trägerschicht 3 eine komplexe dreidimensionale Struktur aufweist. Jedoch könnte umgekehrt auch die einlagige Trägerschicht 3 nach Fig. 1 eben ausgebildet sein, und die Trägerschichten 3a, 3b nach Fig. 3 eine komplexe dreidimensionale Struktur aufweisen.

#### d) Aktivschicht

Aufgabe der Aktivschicht 1 ist es, auf der Oberfläche der Trägerschicht statistisch verteilte Reaktionszentren zu schaffen. An der Aktivschicht laufen elektrochemische Reaktionen ab, die eine hohe Grenzflächenkapazität erzeugen und große Ströme fließen lassen. Die Aktivschicht kann die Trägerschicht vollständig oder teilweise bedecken oder in Form von Keimen aufgebracht sein.

Die Aktivschicht besteht vorzugsweise aus Metalloxiden nach der DE 43 13 474, die in einem separaten Arbeitsschritt auf die Trägerschicht aufgebracht werden. Dabei handelt es sich um redoxaktive, unterstöchiometrische Metalloxidhydrate mit definiertem Wassergehalt, wie z. B.  $\text{RuO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{IrO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Die Energiespeichereffizienz beruht auf dem reversiblen Wechsel der Oxidationsstufen III und IV. Das Metalloxid ist elektronisch leitend und tauscht mit dem Elektrolyten Protonen aus. Die Beschichtung kann mit Sprüh-, Streich-, Tauch-, Sinter- oder Siebdruckverfahren erfolgen. Zur Haftvermittlung können Polymere oder anorganische oder organische Binder zugesetzt werden. Geeignete Binder sind Nafion®-Lösung, Polytetrafluorethylen, Dicköl, metallorganische Verbindungen des Titans, Aluminiums oder Siliciums. Dicköl bezeichnet ein Harz-Lösungsmittel-Gemisch, das Nitrocellulose, Butanol u. a. enthält und als Grundstoff von Lacken oder Siebdruckpasten Verwendung findet.

Die Aktivschicht kann auch aus einer Mischung oder einem Laminat von Metalloxiden mit den unter b) näher bezeichneten Kohlenstoffkörpern bestehen.

#### e) Elektrolyt

Der Elektrolyt 4 steht bevorzugt in einem innigen mechanischen und elektrischen Kontakt zur aktiven Elektrodenschicht aus Trägerschicht 3 mit darauf angeordneter Aktivschicht 1. Die Elektrolytschicht enthält einen Ionenleiter mit hoher elektrischer Leitfähigkeit. Mögliche Ausführungsformen sind:

- (a) wässrige Lösungen, verdünnte Säuren oder Laugen, organische Lösungsmittel mit Leitsalzen.
- (b) fixierte Elektrolyte, wobei die unter (a) genannten Stoffe durch Kapillarkräfte in einem saugfähigen Material (Matrix) festgehalten werden; letztere

können textile Gewebe oder Folien sein, wie zum Beispiel:

- Poröses Polytetrafluorethylen,
- Vliesstoffe aus Polypropylen oder Polyamid,
- Zirkondioxidgewebe.

(c) festgelegte Elektrolyte, wobei die unter (a) genannten Stoffe mit anorganischen oder organischen Bindern zu einer streichfähigen Paste verarbeitet werden; geeignete Binder sind Aluminiumoxid, Siliciumdioxid oder Fluorpolymere.

(d) organische Festelektrolyte wie Ionen- oder Protonenaustauschermembranen, beispielsweise Nafion® oder vergleichbare.

#### f) Bipolare Elektroden-Einheit

Die Elektroden-Einheit 5 ist ein elektrisch leitfähiger Verbund der mechanisch stabilen, temperaturbeständigen und fluiddichten Sperrschicht (Ausführung z. B. wie unter Buchstabe a) beschrieben), die beidseitig mit einer porösen Trägerschicht (siehe Buchstabe b)) und einer darauf liegenden elektrochemisch aktiven Schicht (siehe Buchstabe c)) beschichtet ist.

#### g) Bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit

Die Elektroden-Elektrolyt-Einheit (im folgenden auch mit EEE abgekürzt) 13 (Fig. 1) ist ein elektrisch leitfähiger Verbund oder eine Hintereinanderschaltung der bipolaren Elektrode 5 mit dem Elektrolyten 4. Die EEE soll insgesamt möglichst dünn und leicht sein, um hohe elektrische Energie und Leistung je Volumen und Masse zu erzielen. Zwischen den EEE können sich gasdurchlässige Separatoren befinden, sofern ein Gas- und Stoffaustausch mit der Aktiv-Trägerschicht (Trägerschicht 3 mit darauf angeordneter Aktivschicht 1), dem Elektrolytraum 4 und der äußeren Umgebung der EEE erwünscht ist.

### Beispiele

#### Beispiel 1 (EEE)

Die Sperrschicht 2 ist eine Stahlfolie der Dicke 50 µm. Als zweilagige Trägerschicht werden darauf Graphitfolie oder verdichtete Graphitflocken 3a (Fig. 2) und Kohlenstoffasergewebe oder -papier 3b aufgewalzt. Dabei dient das Graphitpapier als Haftvermittler, die Kohlenstoffasern als hochoberflächiger Träger für die Aktivschicht. Durch das Auftragverfahren wird der Faserkörper 3b in die weiche Verbindungsschicht 3a eingedrückt. Die Haftung der Schicht 3a auf 2 kann durch Auftrag eines leitfähigen Klebers oder Nafion®-Lösung noch verbessert werden.

Die Aktivschicht 1 wird in einem Folgeschritt auf die Trägerschicht 3 aufgebracht. Der angrenzende Elektrolyt 4 ist ein schwefelsäuregetränktes Zirkondioxidgewebe oder eine Protonenaustauschermembran.

Eine Variante des Herstellprozesses eines bipolaren Elektrodenstapels 11 ist in Fig. 4 dargestellt. Dabei entsprechen die angegebenen Ziffern den Bezugswerten in den Fig. 1 bis 3.

Geeignete Materialien für Endplatten, Dichtungen, Elektrolyte und Separatoren sind z. B. in DE 43 13 474 beschrieben.

#### Beispiel 2 (EEE)

Die Sperrschicht 2 ist eine Nickelfolie der Dicke 50 µm. Als Trägerschicht 3 wird ein Nickelfilz der Dicke 0,2 mm aufgeschweißt oder -geklebt. Dabei entsteht eine extrem dünne oxidische Verbindungsschicht. Die Aktivschicht besteht aus Metalloxid, das durch einen Sintervorgang aufgebracht wird. Beschichtungstechniken sind z. B. in der DE 43 13 474 beschrieben. Der Elektrolyt ist Zirkondioxidgewebe oder Polytetrafluorethylen-Folie, die mit Kalilauge durchtränkt sind.

#### Beispiel 3 (EEE)

Die Sperrschicht 2 ist eine Nickelfolie. Die Trägerschicht 3 ist ein Verbund von Graphitfolie und Kohlenstoffasern. Der Elektrolyt 4 wird in Form einer Paste aus Aluminiumoxid und Kalilauge aufgetragen.

#### Beispiel 4 (Haftvermittlung)

Auf eine metallische Sperrschicht 2 wird Kohlefaser-gewebe durch einen Klebevorgang aufgebracht. Die Kohlenstoffaser 3b wird mit einer Suspension eines Klebers oder eines Polymers bestrichen oder getränkt, auf den Träger gebracht und sodann die Haftschicht 3a durch einen chemischen, thermischen oder pyrolytischen Schritt hergestellt. Geeignete Klebstoffe sind Leitlacke, Epoxyharze, Silicone, Polyacrylnitril-Harze oder Nafion®-Lösung.

#### Beispiel 5 (Trägerschicht)

Auf eine 50 µm dicke Titanfolie 2 wird eine mit einem Metallsalz getränkte Kohlenstoffaser 3b aufgebracht. Das Metallsalz kann Ruthenium(III)-chlorid, Hexachloroiridiumsäure oder Hexachloroplatinsäure sein. Die Verbindungsschicht 3a entsteht, indem das Metallsalz bei etwa 400°C thermisch zersetzt wird.

#### Beispiel 6 (Trägerschicht mit Aktivschicht)

Organische Körper wie textile Gewebe oder Flore oder Zucker-, Cellulose- oder proteinhaltige Produkte (z. B. Saccharose, Milch, Lignin) werden auf einem Metallträger pyrolysiert. Zur Haftvermittlung kann der organische Körper vorher aufgeklebt werden. Die Pyrolyse kann sowohl thermisch als auch unter Einwirkung von Schwefelsäure oder Salpetersäure (Dehydratisierung) stattfinden. Das Metalloxid wird nachträglich aufgebracht oder der organische Körper vor der Pyrolyse mit dem Metalloxid durchsetzt.

### Patentansprüche

1. Bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit für eine elektrochemische Zelle, wobei die Elektrode eine Sperrschicht sowie mindestens zwei Trägerschichten und mindestens zwei Aktivschichten umfaßt, und

- die Aktivschicht ein elektroaktives Material mit geringem Widerstand und hoher Kapazität ist,
- die Sperrschicht elektrisch leitend und stoffundurchlässig ist,
- die Trägerschicht elektrisch leitend, porös, von großer spezifischer Oberfläche ist und sich zwischen Sperrschicht und Aktivschicht befindet.

det.

— der Elektrolyt gut leitfähig ist.

2. Bipolare Einheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktivschicht ein redoxaktives, unterstöchiometrisches Metalloxidhydrat mit definiertem Wassergehalt ist. 5
3. Bipolare Einheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitende Trägerschicht Gewebe, Fasern, Filze, Schäume, Matten oder poröse Folien von Metallen oder Kohlenstoff enthält. 10
4. Bipolare Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht aus einer haftvermittelnden Verbindungsschicht und einer porösen Funktionsschicht aufgebaut ist. 15
5. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sperrschicht ein Metall (wie Nickel, Stahl, Titan, Nichteisenmetall), Kohlenstoff oder ein leitfähiger Kunststoff ist. 20
6. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht Kohlenstoff aus der Pyrolyse oder Dehydratisierung organischer Stoffe enthält.
7. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht aus verdichteten Graphitflocken (Verbindungsschicht) und Kohlenstoffasern (Funktionsschicht) besteht. 25
8. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht von der Aktivschicht vollständig, unvollständig, porös oder in Form von Keimen bedeckt ist. 30
9. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktivschicht auf die Trägerschicht aufgebracht ist unter Verwendung von anorganischen oder organischen Bindern wie Nafion®-Lösung, Polytetrafluorethylen, Dicköl, metallorganischen Verbindungen des Titans, Aluminiums oder Siliciums. 35
10. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktivschicht mit der Trägerschicht eine mechanische und elektrische Einheit bilden. 40
11. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrolyt wäßrige Lösungen, verdünnte Säuren oder Laugen oder organische Lösungsmittel mit Leitsalzen enthält. 45
12. Bipolare Einheit nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit in der Elektrolytschicht durch Kapillarkräfte in einem saugfähigen Material von Zirkondioxid, porösem Polytetrafluorethylen, Polypropylen, Polyamid oder einem anderen Polymeren festgehalten wird. 50
13. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrolyt aus einer Paste von anorganischen Säuren oder Laugen und Aluminiumoxid, Siliciumdioxid oder Fluorpolymeren besteht. 55
14. Bipolare Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrolyt eine Ionenaustauschermembran oder ein ionenleitfähiger Kunststoff ist. 60
15. Bipolarer Elektrodenstapel, dadurch gekennzeichnet, daß bipolare Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 14 elektrisch in 65

Serie geschaltet sind.

16. Bipolarer Elektrodenstapel, nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen zwei angrenzenden bipolaren Elektroden-Elektrolyt-Einheiten eine stoffdurchlässige strukturierte Schicht befindet.

17. Verwendung einer bipolaren Elektroden-Elektrolyt-Einheit in elektrochemischen Zellen wie Doppelschichtkondensatoren, Brennstoffzellen, Elektrolyseuren, Gassensoren.

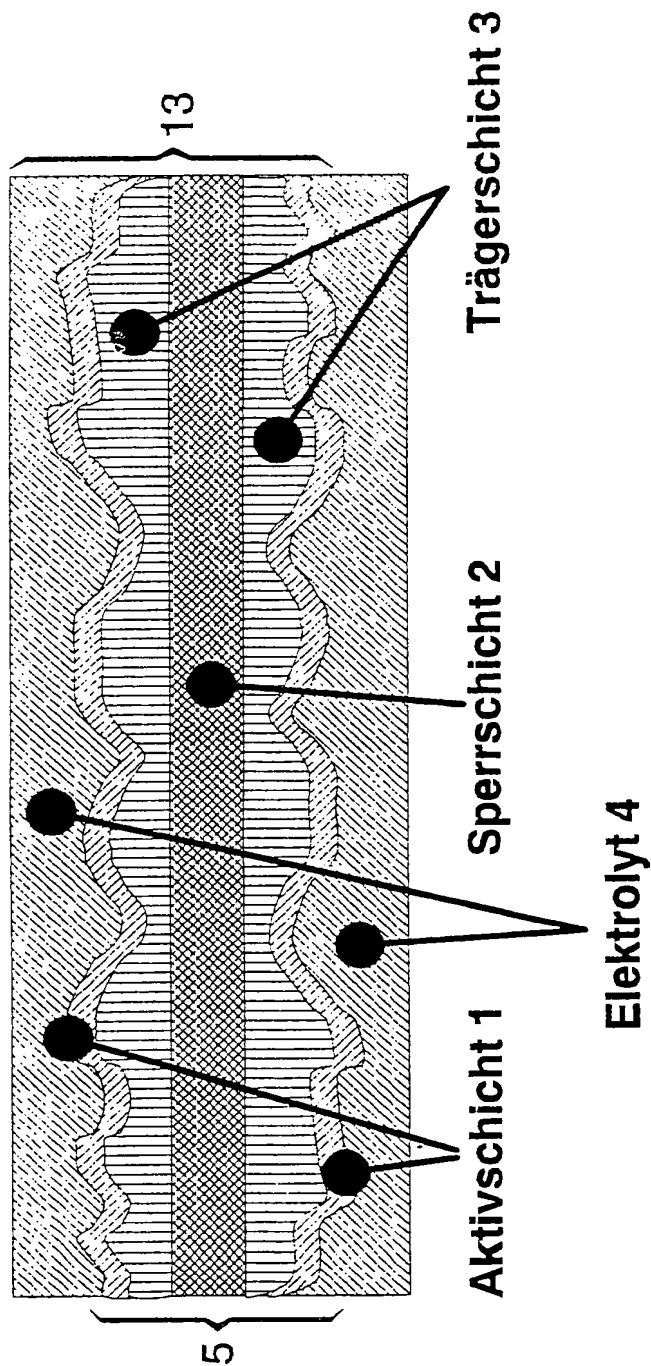
18. Verwendung einer bipolaren Elektroden-Elektrolyt-Einheit in bifunktional betriebenen elektrochemischen Zellen, als solchen, die abwechselnd als Elektrolyseur und Brennstoffzelle arbeiten.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

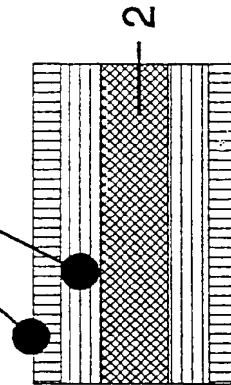
---

**Fig. 1**



3b Poröse Funktionsschicht  
3a Verbindungsschicht

**Fig. 2**



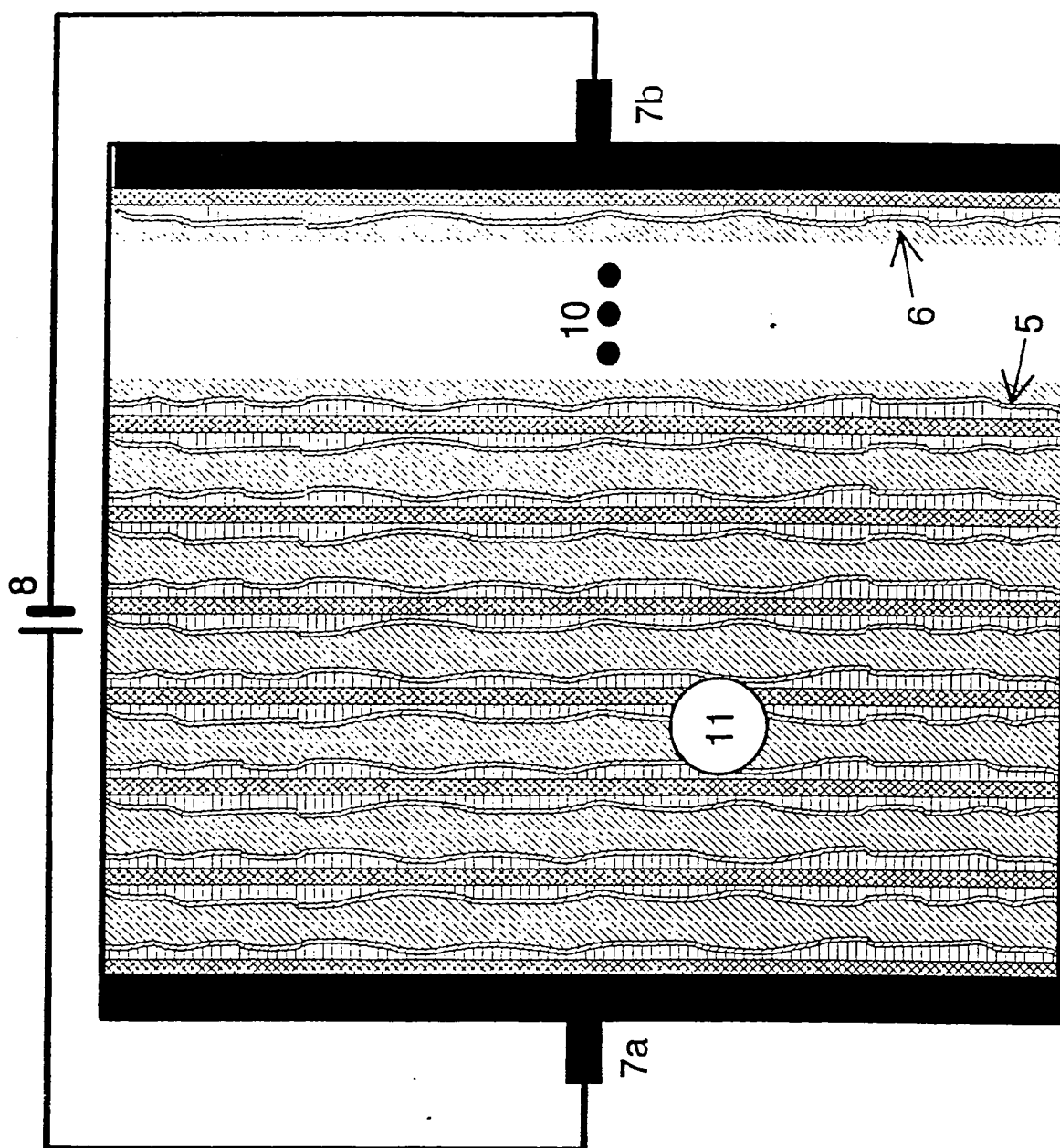
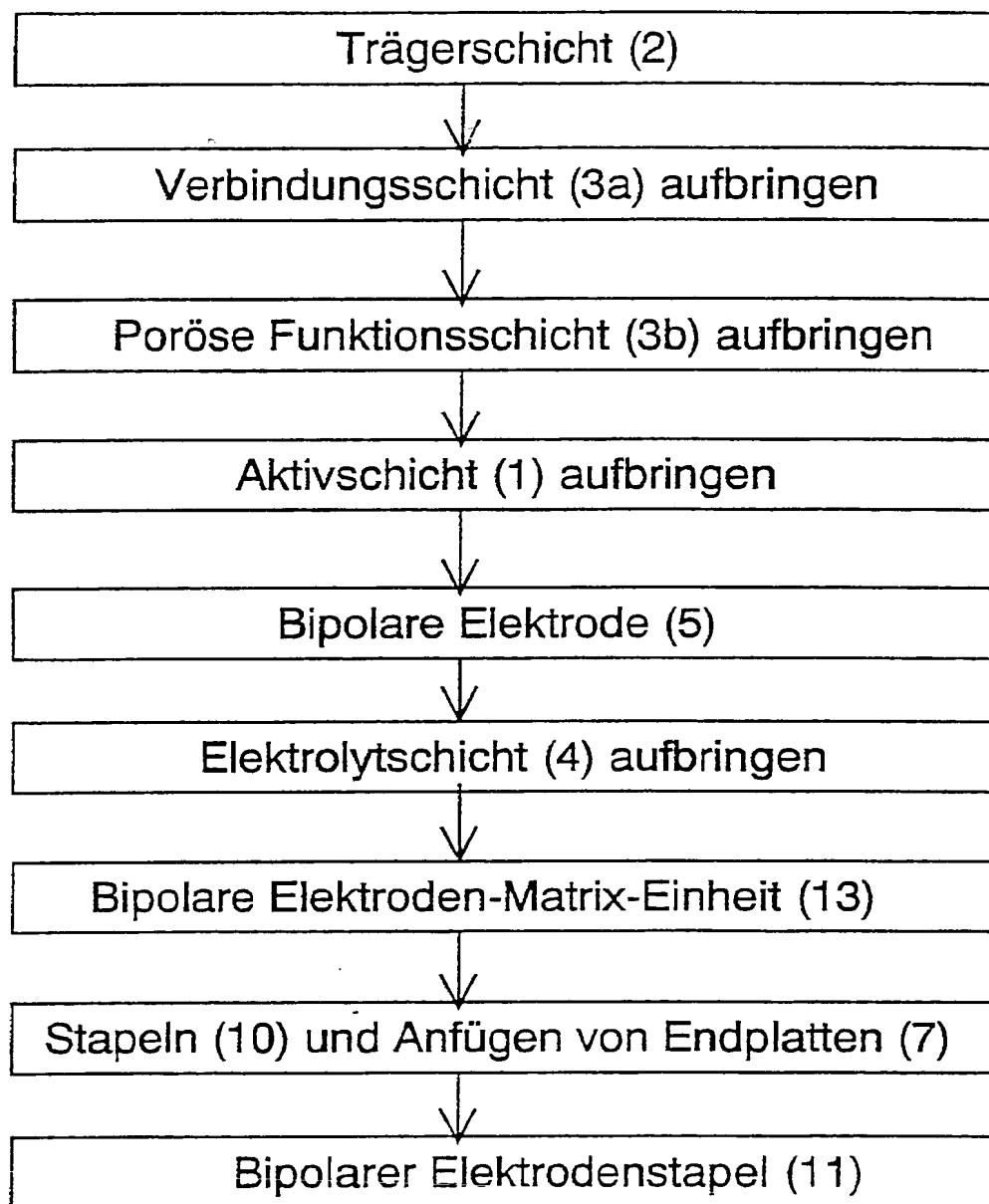


Fig. 3

**Fig. 4**



RM

TRANSLATION  
OF ABSTRACT  
FROM GERMAN LAYING-OPEN SPECIFICATION  
196 29 154 A1

---

Bipolar electrode/electrolyte unit

The invention relates to a bipolar electrode/electrolyte unit for an electrochemical cell, the electrode comprising a barrier layer as well as at least two carrier layers and at least two active layers and

- the active layer being made up of an electroactive material of low resistance and high capacity,
- the barrier layer being electrically conductive and impermeable to matter,
- the carrier layer being electrically conductive, porous, of large specific surface and situated between barrier layer and active layer,
- the electrolyte being well conductive.

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that proper record-keeping is essential for the success of any business and for the protection of the interests of all parties involved. The document then goes on to describe the various methods and techniques used to collect and analyze data, and to provide a detailed account of the results of the study.

The second part of the document is a detailed description of the experimental procedures used in the study. It includes a description of the subjects, the materials, and the apparatus used, as well as a description of the tasks that the subjects were required to perform. The document also includes a description of the data collection and analysis procedures, and a description of the results of the study.

The third part of the document is a discussion of the results of the study. It discusses the various findings of the study, and compares them with the results of previous studies. It also discusses the implications of the findings for the field of research, and provides a detailed account of the conclusions that were drawn from the study.

The fourth part of the document is a conclusion. It summarizes the main findings of the study, and provides a final statement of the conclusions that were drawn. It also includes a list of references, and a list of figures and tables.